EPU ELEC3 & ROB3 – Automatique

TD 1 Asservissement de niveau d'eau

1 Présentation du montage

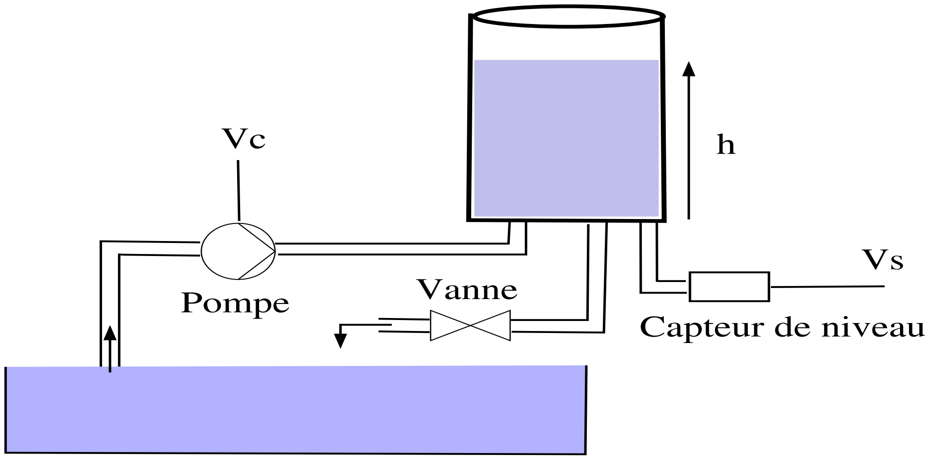

FIGURE 1 – Régulation de niveau

Le montage utilisé pour réaliser une régulation de niveau comprend les éléments suivants :

- Un cuve cylindrique de rayon $r = 3$ cm et de hauteur maximale $h_{max} = 20$ cm
- Dans un premier temps le modèle de la pompe correspond à la caractéristique débit/tension représentée sur le figure suivante :

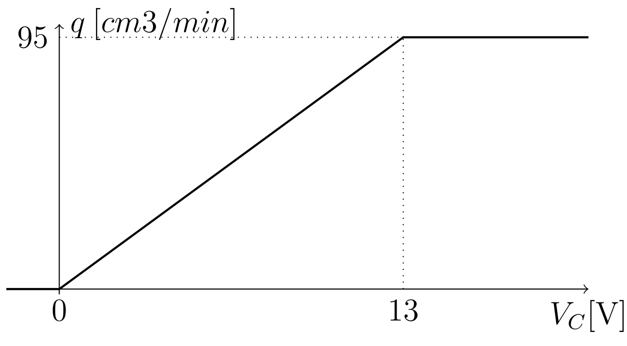

FIGURE 2 – Caractéristique de la pompe

Dans ce cas, pour simuler la pompe sous `Xcos` on utilise un bloc `SATURATION` que l'on trouve dans la rubrique `Fonctions discontinues`

— Un capteur de niveau de gain K_c (capteur de pression au fond de la cuve) dont la caractéristique est représentée sur la figure suivante :

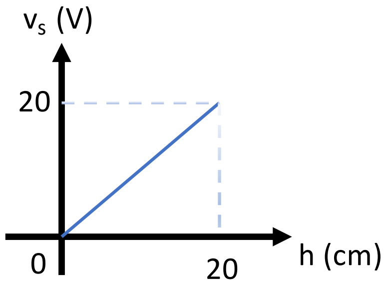

FIGURE 3 – Caractéristique du capteur de niveau

— Une vanne dont le débit de sortie dépend de son ouverture et de la pression en amont. On supposera que la vanne est soit ouverte soit fermée. Lorsqu'elle est ouverte son débit de sortie est noté $q_s(t)$.

2 Etude fonctionnelle

1. Compléter le montage suivant en faisant apparaitre la vanne

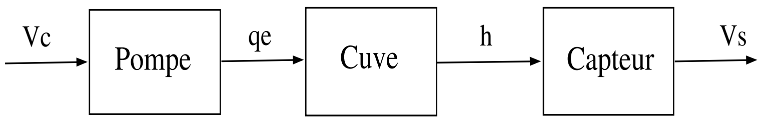

FIGURE 4 – Schéma fonctionnel

2. Dans le zone de fonctionnement linéaire de la pompe donner la relation liant $q_e(t)$ à $v_c(t)$. On notera la pente a.
3. Si la vanne est fermée donner la relation reliant $h(t)$ à $q_e(t)$. Pourquoi peut-on dire que la cuve est un "intégrateur" ?
4. Si la vanne est ouverte donner la relation reliant $h(t)$ à $q_e(t)$ et $q_s(t)$.
5. Supposons que le débit de sortie $q_s(t)$ est indépendant de la hauteur d'eau lorsque la vanne est ouverte. Montrer que l'on peut représenter l'effet de la vanne sur la hauteur en utilisant le schéma suivant

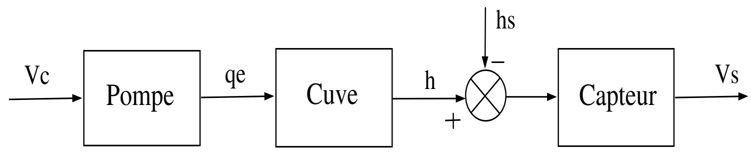

FIGURE 5 – Schéma vanne ouverte

6. Donner l'expression de $h_s(t)$ en fonction de $q_s(t)$. Que devient cette expression lorsque $q_s(t)$ est constant ?

3 Etude en boucle ouverte

1. La vanne est fermée. La cuve est initialement vide, et la pompe arrêtée. On applique ensuite une tension constante $v_c(t) = 8$ [V] pour tout $t > 0$. Etudier l'évolution de la hauteur d'eau dans la cuve d'un point de vue théorique puis en simulation avec Xcos.

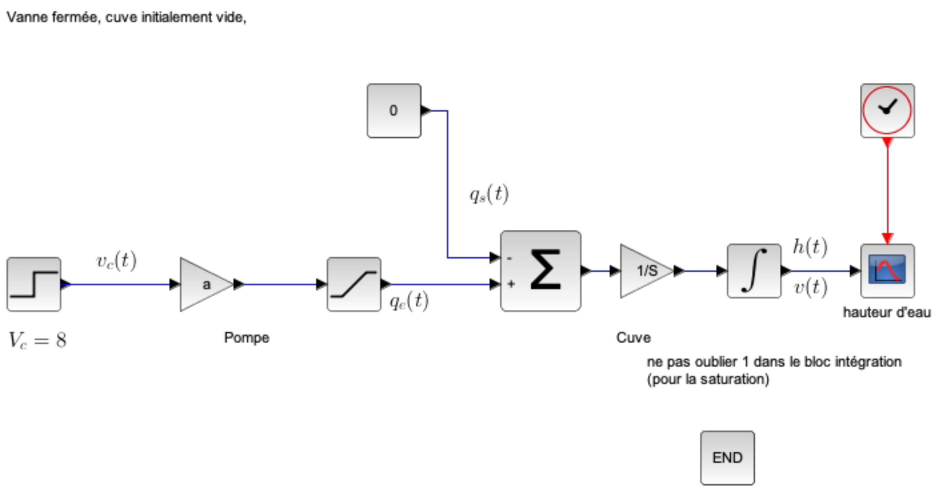

FIGURE 6 – Simulation

Vérifier que l'instant de débordement obtenu en simulation est celui calculé théoriquement.

2. La vanne est ouverte, $v_c(t) = 0$V et $h(0) = 10$ cm. Supposons que le débit de sortie est constant $q_s(t) = 40\ cm^3/min$. Etudier alors l'évolution de la hauteur d'eau dans la cuve d'un point de vue théorique puis en simulation. Vérifier le cohérence des résultats obtenus.
3. La vanne est ouverte, $v_c(t) = 8$ V et $h(0) = 0$ cm. Supposons que le débit de sortie est constant $q_s(t) = 40\ cm^3/min$. Etudier alors l'évolution de la hauteur d'eau dans

la cuve d'un point de vue théorique puis en simulation. Vérifier le cohérence des résultats obtenus.

4. La vanne est ouverte et $v_c(t) = 8$ V. Supposons que le débit de sortie est relié à la hauteur par la relation $q_s(t) = 15\sqrt{h(t)}\ cm^3/min$. Donner la hauteur d'eau dans la cuve en régime permanent.
5. Faire la simulation du cas précédent et vérifier que la hauteur d'eau en régime permanent est exacte.

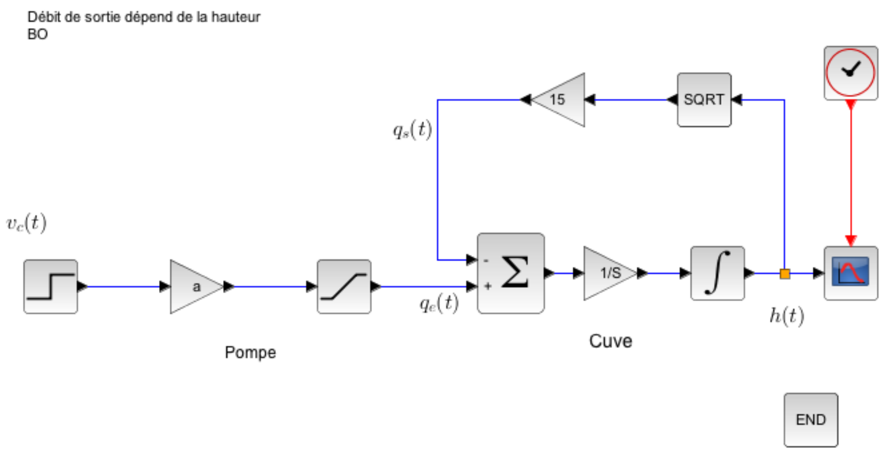

FIGURE 7 – Simulation

4 Etude en boucle fermée

Le montage en boucle fermée est représenté sur la figure suivante :

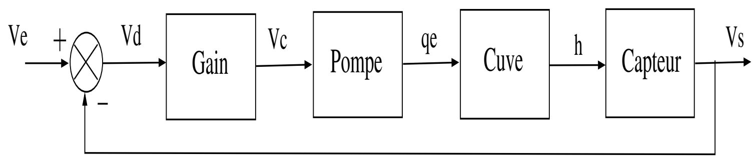

FIGURE 8 – Montage Boucle Fermée

— $v_d(t) = v_e(t) - v_s(t)$
— Gain : $v_c(t) = Gv_d(t)$ où G est une valeur réglable. On fera les applications numériques avec $G_1 = 1$ et $G_2 = 10$.

La vanne étant fermée :

1. Comment doit-on choisir $v_e(t)$ pour avoir en régime permanent une hauteur d'eau de 10 cm dans la cuve ?

2. Lorsque la pompe fonctionne dans sa partie linéaire, montrer que la relation entre $v_e(t)$ et $v_s(t)$ est
$$\tau\frac{dv_s(t)}{dt} + v_s(t) = v_e(t)$$
avec $\tau = \frac{S}{K_c G a}$
3. Retrouver le résultat précédent en utilisant les fonctions de transfert des différents blocs qui composent le sytème asservi.
4. Supposons qu'à l'instant $t = 0$ correspondant à la mise en route, on a $h(0) = 0$ cm et $v_e(t)$ passe de 0 à 10 [V] et reste ensuite à cette valeur. Vérifier alors que l'on a
$$h(t) = \frac{10}{K_c}(1 - \exp(-t/\tau))u_h(t)$$
5. Représenter graphiquement $v_s(t)$ (ou $h(t)$) et $v_d(t)$. Quels sont les temps de réponse du sytème asservi lorsque $G_1 = 1$ et $G_2 = 10$?
6. A partir de quel moment la pompe s'arrête-t-elle de fonctionner ? Préciser les valeurs atteintes en régime permanent : pour la hauteur d'eau h_∞ et la tension d'erreur $v_{d\infty}$.
7. Faire une simulation de la boucle fermée.

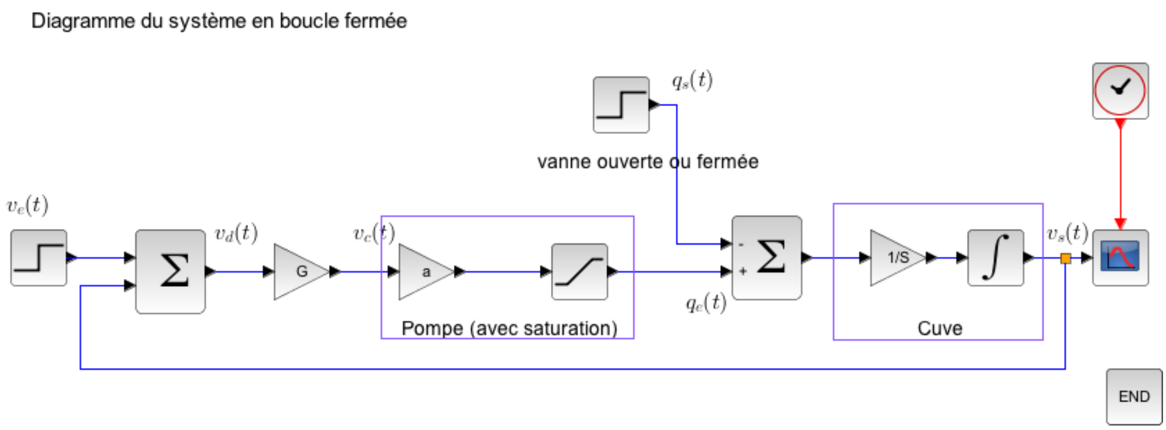

FIGURE 9 – Simulation

La pompe sature-t-elle (on pourra visualiser le débit $q_e(t)$) ? Mesurer les temps de réponse pour les différentes de valeurs du gain. Que peut-on en déduire sur l'influence de la saturation sur le temps de réponse du sytème asservi ?

5 Etude en boucle fermée - vanne ouverte

On a atteint le régime permanent étudié précédemment. On décide d'ouvrir la vanne. On supposera que le débit de sortie $q_s(t)$ passe de 0 à 10 cm^3/min et qu'il reste ensuite constant.

1. Décrire qualitativement la réaction du montage après l'ouverture de la vanne.
2. Lorsque la pompe fonctionne dans la partie linéaire, déterminer l'équation différentielle reliant la tension $v_s(t)$ à $v_e(t)$ et $q_s(t)$.
3. Déterminer l'expression de $v_s(t)$ lorsque $v_e(t) = 10u_h(t)$.
4. Expliquer pourquoi avec le montage précédent il est impossible de compenser exactement l'effet de l'ouverture de la vanne (on pourra calculer les hauteurs d'eau en régime permanent pour les deux valeurs du gain G).
5. Vérifier en simulation les résultats obtenus lorsque la vanne est ouverte. On mesurera notamment la valeur finale et le temps de réponse à 5%.
6. Faire varier la hauteur d'eau initiale dans les simulations. Que peut-on en conclure ?